

## **Ocena różnych technologii pozbiorczych i przechowalniczych pozwalających na ograniczenie strat i zachowanie wysokiej wartości odżywczej warzyw**

Autorzy:

dr Maria Grzegorzewska

mgr Ewa Badełek

prof. dr hab. Ryszard Kosson

dr Kalina Sikorska-Zimny

Opracowanie przygotowane w ramach **zadania 5.3**

„Monitorowanie strat powstałych podczas przechowywania warzyw pochodzących z produkcji konwencjonalnej i zrównoważonej oraz rozwój nowych technologii pozbiorczych i przechowalniczych dla ich ograniczenia i zachowanie wysokiej jakości i wartości odżywczej warzyw”

**Programu Wieloletniego:**

„Rozwój zrównoważonych metod produkcji ogrodniczej w celu zapewnienia wysokiej jakości biologicznej i odżywczej produktów ogrodniczych oraz zachowania bioróżnorodności środowiska i ochrony jego zasobów” finansowanego przez Ministerstwo Rolnictwa i Rozwoju Wsi

Celem przechowywania warzyw jest zabezpieczenie regularnego zaopatrzenia rynku przez cały rok. W Polsce w ostatnich latach znacznie wzrosła pojemność przechowalnicza w nowoczesnych przechowalniach i chłodniach, ale nadal duże ilości warzyw składa się w adaptowanych budynkach gospodarczych i kopcach.

W sezonie 2012/2013 przeprowadzono porównanie wpływu trzech sposobów przechowywania warzyw korzeniowych (marchew, pietruszka i burak ćwikłowy) na ich jakość i wartość odżywczą. Warzywa przechowywano w kopcach ziemnych, piwnicy i komorze chłodniczej. Do badań wzięto: marchew 'Sirkana F<sub>1</sub>', pietruszkę 'Eagle' i buraki ćwikłowe 'Wodan F<sub>1</sub>'. Doświadczenia założono w 4 powtórzeniach po 10 kg korzeni. W komorach chłodniczych utrzymywano temperaturę na poziomie 0-1°C. W piwnicy zagłębionej (wolnostojącej), znajdującej się na terenie Instytutu Ogrodnictwa w Skierniewicach utrzymywała się temperatura w granicach 3-4°C. Do badań wykorzystano kopce ziemne u producenta z okolic Błonia. Warzywa przechowywano w okresie od 23.XI.2012 r. do 11.IV.2013 r.

**Tabela 1.** Wyniki przechowywania marchwi 'Sirkana F<sub>1</sub>' /okres przechowywania: 23.XI.2012r. – 11.IV.2013r./

Sposób przechowywania	Marchew handlowa				Straty	
	nie wyrosnięta	wyroś. w liście	wyroś. w nowe korzenie	wyroś. w nowe korzenie i liście	chora, zgniła	ubytki masy
kopce	41,5	57,3	0,0	0,0	0,5	0,7
chłodnia	55,4	44,2	0,3	0,0	0,0	0,1
piwnica	19,4	33,9	1,2	39,9	5,6	0,0

**Tabela 2.** Zmiany składu chemicznego w czasie przechowywania marchwi 'Sirkana F<sub>1</sub>'

Sposób przechowywania	Sucha masa (%)	Karoten (mg/kg ś.m.)	Cukry ogółem (%)	Fenole (mg/100g ś.m.)	Azotany (mg/1kg ś.m.)
Bezpośrednio po zbiorze					
	12,60	165,00	8,19	12,68	61,74
po okresie przechowywania od 23.XI.2012 r. do 11.IV.2013 r.					
kopce	11,71	107,45	7,58	32,42	53,29
chłodnia	11,85	96,13	7,74	32,11	57,49
piwnica	11,45	82,27	7,09	32,12	53,86

Po przechowaniu marchwi w chłodni, w temperaturze 0°C oraz w kopcu odnotowano niższe straty niż po przechowaniu w piwnicy. Najwyższą jakość zachowała marchew po przechowaniu w chłodni, ponieważ korzenie były w najmniejszym stopniu wyrosnięte w liście i nowe korzenie boczne. Pomimo rozpoczętego wyrastania, marchew z kopca zachowała dobrą jędrność i świeżość. Najwyższe straty stwierdzono w piwnicy. Marchew handlowa z piwnicy charakteryzowała się najniższą jakością, ze względu na silne wyrastanie w nać (długa nać) i korzenie boczne (tab.1). W czasie przechowywania zarówno w kopcu, piwnicy jak i chłodni obniżyła się zawartość suchej masy, karotenu, cukrów ogółem i azotanów, podwyższyła natomiast zawartość fenoli. Najwięcej karotenu zachowała marchew przechowywana w kopcach, a najmniej przechowywana w piwnicy (tab.2).

**Tabela 3.** Wyniki przechowania pietruszki 'Eagle' /okres przechowywania: 23.XI.2012r.–11.IV.2013r/

Sposób przechowania	Pietruszka handlowa				Straty	
	nie wyroś.	wyroś. w liście	wyroś. w nowe korzenie	wyroś. w nowe korzenie i liście	chora, zgniła	ubytki masy
kopce	21,9	73,9	0,0	0,0	2,7	1,5
chłodnia	45,2	51,1	0,0	0,8	2,6	0,3
piwnica	3,4	24,2	0,4	65,7	5,3	1,0

**Tabela 4.** Zmiany składu chemicznego w czasie przechowywania pietruszki 'Eagle'

Miejsce przechowania	Sucha masa (%)	Witamina C (mg/100 g ś.m.)	Cukry proste (%)	Cukry ogółem (%)	Fenole (mg/100g ś.m.)	Azotany (mg/1kg ś.m.)
Bezpośrednio po zbiorze						
	19,16	22,41	0,31	6,84	27,96	196,39
po okresie przechowania od 23.XI.2012 r. do 11.IV.2013 r.						
kopce	18,49	14,87	0,62	9,60	47,54	74,89
chłodnia	16,37	15,16	0,19	8,96	55,30	81,03
piwnica	16,58	13,92	0,33	8,65	47,13	101,97

Pietruszka najlepiej przechowała się w chłodni, gdzie otrzymano najwyższy procent korzeni nie wyrosniętych. W kopcach stwierdzono rozpoczęty proces wyrastania w nać, ale podobnie jak w przypadku marchwi, korzenie zachowały dobrą jędrność i świeży wygląd. Wyraźnie najgorzej pietruszka przechowała się w piwnicy, gdzie stwierdzono największe wyrastanie i gnienie korzeni (tab.3). Porównując skład chemiczny, pietruszka z kopca miała najniższą zawartość azotanów i najwyższą cukrów ogółem i cukrów prostych w porównaniu do korzeni przechowywanych w chłodni i piwnicy (tab.4).

**Tabela 5.** Wyniki przechowania buraka ćwikłowego 'Wodan F<sub>1</sub>' /okres przechowywania: 23.XI.2012r.–11.IV.2013r/

Miejsce przechowania	Buraki handlowe				Straty	
	nie wyrosnięte	wyroś. w liście	wyroś. w nowe korzenie	wyroś. w nowe korzenie i liście	chora, zgniła	ubytki masy
kopce	93,4	3,0	0,0	0,0	3,5	0,1
chłodnia	91,7	0,0	0,0	0,0	8,0	0,3
piwnica	77,1	8,4	9,6	2,9	1,6	0,4

**Tabela 6.** Zmiany składu chemicznego w czasie przechowywania buraka ćwikłowego 'Wodan F<sub>1</sub>'

Miejsce przechowania	Sucha masa (%)	Cukry ogółem (%)	Fenole (mg/100g ś.m.)	Azotany (mg/1 kg ś.m.)
Bezpośrednio po zbiorze				
	12,60	8,14	81,27	93,24
po okresie przechowania od 23.XI.2012 r. do 11.IV.2013 r.				

kopce	11,08	6,82	125,40	70,91
chłodnia	10,90	6,57	137,35	70,31
piwnica	11,66	7,54	132,37	44,89

Burak ćwikłowy wykazał lepszą trwałość przechowalniczą niż marchew i pietruszka, bowiem otrzymano wysoki (77,1 – 93,4) procent towaru handlowego najwyższej jakości (nie wyrośniętego) po przechowaniu. W kopcach otrzymano nawet nieco wyższy procent towaru handlowego niż w komorze chłodniczej. Ponadto w kopcach stwierdzono początki wyrastania w nowe liście, ale korzenie utrzymywały lepszą zdrowotność niż w komorze chłodniczej. W piwnicy stwierdzono największe wyrastanie korzeni w nać i korzenie boczne (tab.5). Pod względem składu chemicznego na wyróżnienie zasłużyły buraki z piwnicy, które zawierały najwięcej cukrów ogółem i wyraźnie najmniej azotanów (tab.6).

Wyniki uzyskane w przeprowadzonych badaniach potwierdziły, że w prawidłowo wykonanych kopcach można przechować z dobrym wynikiem warzywa korzeniowe do późnej zimy – początku wiosny. Jest to jednak sposób wymagający dużych nakładów pracy, zarówno przy zakładaniu jak i przy likwidowaniu kopca. Ponadto trzeba się liczyć z utrudnieniami w czasie pozyskiwania warzyw zimą przy niesprzyjających warunkach atmosferycznych. Przedłużenie okresu przechowania warzyw w kopcu do późnych miesięcy wiosennych nie jest wskazane, ponieważ wraz ze wzrostem temperatury powietrza pogarszają się warunki w kopcu i następuje wzmożone wyrastanie i gnienie korzeni.

W latach 2011-2012 przechowywano pomidory ‘Rumba’ z uprawy konwencjonalnej i ekologicznej. W badaniach oceniano przydatność opakowań jednostkowych do składowania pomidorów. Testowano woreczki o wymiarach 20 x 20 cm z następujących folii: polietylenowej (PE) (4 otwory o  $\varnothing$  0,04 cm), z politeraftalanu etylu (PET) z mikroperforacją oraz tackę styropianową owiniętą folią rozciągliwą. Kontrolę stanowiły owoce składowane luzem w skrzynkach wyłożonych folią PE. Doświadczenia założono w 4 powtórzeniach po 5 szt. owoców.

Pomidory przechowywano w temperaturze 6°C przez okres dwóch tygodni. Po 3, 7, 10 i 14 dniach przechowywania, wykonano pomiary ubytków naturalnych masy oraz przeprowadzono obserwację wizualną określając takie cechy jak: uszkodzenia chłodowe, gnienie oraz wartość handlową.

Do oceny stosowano następujące skale:

**wartość handlowa** - 9 - doskonała (owoc jak bezpośrednio po zbiorze, bardzo twardy), 7- dobra (małe oznaki starzenia się, widoczne więdniecie owocu), 5 - zadowolająca (widoczne oznaki starzenia się, więdniecie, marszczenie się, dolna granica przydatności do sprzedaży), 3 - słaba (zaawansowane starzenie się lub gnienie owocu, granica przydatności do spożycia), 1 - zła (nie nadający się do spożycia),

**gnicie** – 1 - brak, 3 - lekkie, pogarszające przydatność do sprzedaży, 5 - średnie, zdecydowanie pogarszające przydatność do sprzedaży (dolna granica przydatności do sprzedaży), 7 - silne, nie przydatne do spożycia, 9 - bardzo silne, zupełnie zgniłe,

**uszkodzenia chłodowe** - 1 - brak, 2 - do 10% powierzchni uszkodzonej, 3 - 10 – 30% powierzchni uszkodzonej, 4 - 30 – 50% powierzchni uszkodzonej. 5 - 50 – 75 powierzchni uszkodzonej, 6 - powyżej 75% powierzchni uszkodzonej.

**Tabela 7.** Wpływ opakowania na trwałość przechowalniczą pomidorów z uprawy ekologicznej i konwencjonalnej /temperatura przechowania 6°C/

Typ opakowania	Po 10 dniach przechowania			Po 14 dniach przechowania		
	uszkodzenia chłodowe	gnicie	wartość handlowa	uszkodzenia chłodowe	gnicie	wartość handlowa
<b>Uprawa ekologiczna</b>						
PE z perforacją	1,0	1,4	8,6	2,0	2,5	6,4
PET z mikroperforacją	1,1	1,3	8,5	1,7	1,9	7,0
Tacka styropianowa	1,3	1,1	8,5	2,5	1,6	6,8
Kontrola	1,4	2,0	7,6	3,1	3,5	4,9
<b>Uprawa konwencjonalna</b>						
PE z perforacją	1,1	1,1	8,8	1,2	1,5	8,3
PET z mikroperforacją	1,0	1,1	9,0	1,2	1,0	8,8
Tacka styropianowa	1,1	1,0	9,0	1,1	1,3	8,6
Kontrola	1,3	1,1	8,5	1,6	1,7	7,6

Pomidory składowane w opakowaniach jednostkowych, zarówno z uprawy ekologicznej jak i konwencjonalnej, zachowały dobrą jakość przez 10 dni (na poziomie nie mniejszym niż 8,5). Wyraźnie gorszą jakość po 10 dniach stwierdzono dla pomidorów z uprawy ekologicznej i składowanych luzem (7,6) ze względu na największe gnicie. W czasie kolejnych 4 dni zwiększyło się gnicie i wzrosły uszkodzenia chłodowe, które w większym stopniu uwidoczniły się na pomidorach ekologicznych niż konwencjonalnych. Zastosowanie opakowań jednostkowych wpłynęło korzystnie na jakość owoców poprzez obniżenie gnicia i zahamowanie rozwoju uszkodzeń chłodowych. Zarówno w przypadku pomidorów z uprawy konwencjonalnej jak i ekologicznej najlepszą jakość zachowały owoce w woreczkach z folii PET z mikroperforacją (tab.7).

Po dwutygodniowym okresie przechowywania pomidorów w opakowaniach jednostkowych, stwierdzono spadek zawartości następujących składników w owocach: suchej masy, witaminy C i polifenoli. Największy spadek zawartości witaminy C zanotowano w owocach przechowywanych w folii PE z perforacją. Wyraźnie wyższą zawartość likopenu stwierdzono w pomidorach przechowywanych w folii PET i na tackach owiniętych folią rozciągliwą, niż w owocach z folii PE z perforacją i z obiektu kontrolnego (bez opakowania) (tab.8).

Pomidory o wyższej zawartości likopenu charakteryzowały się wyższym poziomem cukrów ogółem w stosunku do pozostałych obiektów. Nie zaobserwowano zmian kwasowości czynnej (pH) ani kwasowości miareczkowej owoców pomidorów składowanych przez 2 tygodnie w różnych opakowaniach.

**Tabela 8.** Zmiany składu chemicznego pomidorów ‘Rumba’ z uprawy konwencjonalnej po 14 dniach ich przechowywania

Typ opakowania	Sucha masa (%)	Sucha masa refrakt. (%)	Witamina C (mg/100g)	Kwasowość czynna (ph)	Kwasowość (g kw. cyt./100g)	Cukry ogółem (%)	Likopen (mg/kg)	Polifenole (mg/100g)
Owoce bezpośrednio po zbiorze								
	7,40	6,0	22,27	4,30	0,39	3,68	25,20	21,0
Owoce po 14 dniach przechowania w temperaturze 6°C								
Kontrola	7,15	6,0	21,36	4,40	0,47	3,37	7,80	17,1
Tacka+ folia rozciągliwa	7,24	6,2	18,64	4,49	0,40	3,92	11,92	19,7
PET z mikroperforacją	7,08	6,0	18,33	4,47	0,40	3,94	18,19	19,0
PE z perforowaną	7,02	6,0	16,82	4,43	0,37	3,54	6,28	17,4

W sezonie przechowalniczym 2010/2011 przeprowadzono badania na brokule. Sprawdzano wpływ kontrolowanej atmosfery na trwałość brokułu odm. Monaco F<sub>1</sub> i Marathon F<sub>1</sub>. Róże przechowywano przez 80 dni w normalnej i kontrolowanej atmosferze zawierającej 12% CO<sub>2</sub> – 3% O<sub>2</sub>. Doświadczenie założono w 4 powtórzeniach po 10 róż. Brokuły przeznaczone do normalnej atmosfery zabezpieczono przed wędnięciem, wykładając skrzynki folią PE. Brokuły kierowane do kontenerów z KA pozostawiono bez folii, aby w pełni wyeksponować je na działanie atmosfery o zmienionym składzie tlenu i dwutlenku węgla. W komorze chłodniczej i kontenerach z KA utrzymywano temperaturę 0-1°C. Po zakończeniu przechowywania mierzono ubytki masy oraz określano następujące cechy róż: barwa, zwartość, otwieranie pąków, gnicie i wartość handlowa.

Ocenę wykonywano według następujących skal:

**barwa:** 10 – ciemno zielone, 8 – zielone z lekkim rozjaśnieniem, 6 – zielone z lekkim żółknięciem, 4 – średnio-żółte, 2 – silnie żółte

**zwartość:** 10 – bardzo zwarte, 8 – lekka utrata zwartości, 6 – widoczna utrata zwartości, 4 – średnio-łuzne, 2 – bardzo luzne

**otwieranie pąków:** 1 – 100% zamkniętych, 8 – 20 % pąków otwartych, 6 – 40 % pąków otwartych, 4 – 60 % pąków otwartych, 2 – 80% pąków otwartych

**gnicie:** 10-8 – brak gnicia, 6 – lekkie objawy gnicia, 4 – dość silne gnicie, 2 – silne gnicie

**wartość handlowa:** 10- doskonała, róże jak świeżo zebrane, 8 – dobra, 6 – zadowolająca, 4 – słaba, 2 – zła

Brokuły odmiany Monaco F<sub>1</sub> zachowały wyższą wartość handlową w czasie przechowywania zarówno w normalnej jak i kontrolowanej atmosferze niż odmiany Marathon F<sub>1</sub> (tab.9).

**Tabela 9.** Wyniki przechowania brokułów (80 dni) w kontrolowanej i normalnej atmosferze /temperatura przechowania 0-1°C/

Odmiana	Sposób przechowywania	Cechy róż				
		barwa	zwar-tość	otwieranie pąków	gnicie	wartość handlowa
Monaco F <sub>1</sub>	KA /12% CO <sub>2</sub> – 3% O <sub>2</sub> / normalna atmosfera	10,0	8,9	9,9	10,0 a	8,9 a
		10,0	9,1	9,8	8,1 b	7,3 b
Marathon F <sub>1</sub>	KA /12% CO <sub>2</sub> – 3% O <sub>2</sub> / normalna atmosfera	9,0 a	8,5 a	9,0 a	10,0 a	8,0 a
		6,8 b	5,6 b	7,8 b	3,5 b	2,3 b

W przypadku ‘Marathon F<sub>1</sub>’ stwierdzono niewielkie zmiany barwy i otwieranie się pąków kwiatowych, podczas gdy brokuły ‘Monaco F<sub>1</sub>’ zachowały niezmienną barwę, a otwieranie pąków kwiatowych wystąpiło tylko w minimalnym stopniu. Kontrolowana atmosfera w istotny sposób wpłynęła na zahamowanie rozwoju patogenów chorobotwórczych. Różę składowaną przez 80 dni w atmosferze o obniżonej koncentracji tlenu i podwyższonej dwutlenku węgla nie wykazywały żadnych objawów gnicia. W normalnej atmosferze na różach ‘Monaco F<sub>1</sub>’ stwierdzono początek gnicia, natomiast na różach ‘Marathon F<sub>1</sub>’ zaznaczyło się silne gnienie. Ponadto różę ‘Marathon F<sub>1</sub>’ przechowywaną w normalnej atmosferze charakteryzowały się zmienioną jasno-zieloną barwą. Wartość handlowa brokułów obu odmian, przechowywanych w KA, była bardzo dobra i dobra, natomiast przechowywanych w normalnej atmosferze dość dobra dla odm. Monaco F<sub>1</sub> i zła dla odm. Marathon F<sub>1</sub>.

Na konferencji przechowalniczej, która odbyła się na Cyprze w terminie 10-13 czerwca 2014 r. kilka doniesień dotyczyło innowacyjnej technologii polegającej na ścisłym dostosowaniu stężenia O<sub>2</sub> w komorach chłodniczych do zmieniającej się w czasie przechowywania intensywności oddychania składowanego towaru. Technologia ta nazwana dynamicznie kontrolowaną atmosferą (DCA) już jest stosowana do przechowywania jabłek i wydaje się być zasadne sprawdzenie jej przy przechowywaniu warzyw, szczególnie kapustowatych, w tym brokułów. Oprócz wyposażenia typowego do kontrolowanej atmosfery należy zastosować specjalny system DCA z czujnikami fluorescencji chlorofilowej do monitoringu reakcji tkanki warzyw na bardzo niskie stężenie O<sub>2</sub> (< 0,5%).